Fluorescence d'un écran luminescent sous l'action de rayons X

Objectifs expérimentaux

- Mise en évidence du rayonnement X par observation de la fluorescence d'un écran luminescent.
- Radioscopie de matériaux à absorptivité différente.
- Etude de l'influence du courant d'émission et de la haute tension du tube à rayons X sur la luminosité et le contraste de l'image qui apparaît sur l'écran luminescent.

Notions de base

Juste après la découverte des rayons X en 1895 par *W. C. Röntgen,* on utilisa pour des examens médicaux la possibilité d'« observer » des rayons X sur un écran luminescent. L'écran luminescent utilisé était le plus souvent en baryum platinocyanure, un matériau qui passe à un vert fluorescent soutenu sous l'effet des rayons alors que de nos jours, on a quasiment uniquement recours au sulfite de cadmium zinc qui devient jaune-vert luminescent. La substance fluorescente est placée sur du verre de plomb destiné à protéger l'observateur contre l'action nocive des rayons X.

La fluorescence est un phénomène lumineux caractéristique de certaines substances qui se manifeste pendant leur exposition aux rayons lumineux, aux rayons X et aux rayons corpusculaires. L'énergie du rayonnement qui se manifeste est utilisée pour l'excitation ou l'ionisation des atomes et des molécules et restituée au retour à l'état initial en partie sous forme de lumière. Les transitions ont lieu très rapidement ($< 10^{-5}$ s) si bien que, contrairement à la phosphorescence, la fluorescence n'est visible que pendant l'exposition aux radiations.

Une particularité intéressante pour les applications diagnostiques est la capacité des rayons X à traverser des matériaux que la lumière ne peut pas traverser. Suivant la constitution de l'objet irradié, le rayon est plus ou moins atténué, d'où la représentation sur l'écran luminescent des détails de la construction intérieure et de la structure. Ceci est démontré dans l'expérience à l'appui d'un objet tout simple, en l'occurrence une calculatrice, dont les différents éléments sont dans des matériaux aux propriétés d'absorption différentes. On étudie ici l'influence du courant d'émission *I* du tube à rayons X sur la luminosité et celle de la haute tension *U* du tube sur le contraste de l'image qui apparaît sur l'écran luminescent.

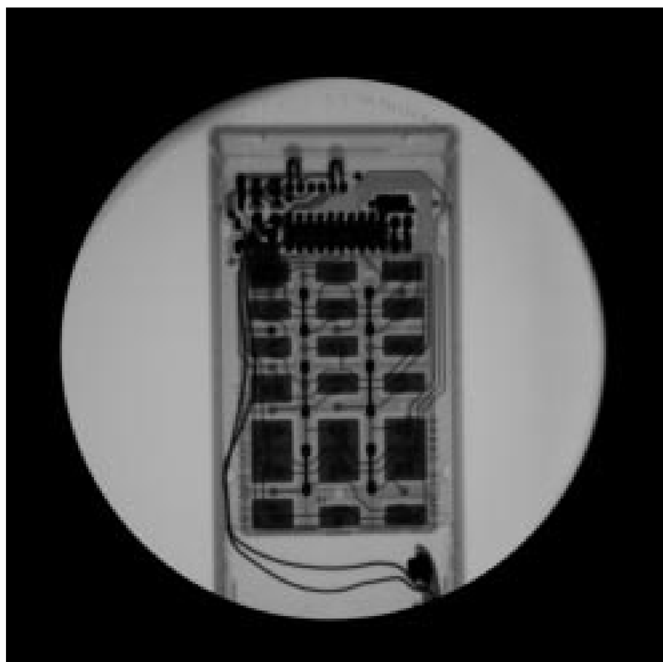


Image sur l'écran luminescent d'une calculatrice

0708-Ste

LEYBOLD

Matériel

1 appareil à rayons X 554 811
ou
1 appareil à rayons X 554 812

Supplément nécessaire:

1 objet à analyser par radioscopie, par ex. une calculatrice avec boîtier en plastique

Les objets appropriés doivent être plats et opaques avec une structure intérieure essentiellement constituée de pièces en plastique et en métal.

Conseils de sécurité

L'appareil à rayons X respecte les consignes relatives à la construction d'un appareillage à rayons X pour l'enseignement et d'un appareil à protection totale et est homologué en tant que tel (d'après le règlement allemand sur les rayonnements X).

Grâce aux mesures de protection et de blindage incorporées par le constructeur, le taux de dose hors de l'appareil est réduit à moins de 1 µSv/h, une valeur d'un ordre de grandeur correspondant à la dose d'irradiation naturelle.

■ Avant la mise en service, s'assurer du bon état de l'appareil à rayons X et vérifier que la haute tension est bien coupée à l'ouverture des portes coulissantes (voir mode d'emploi de l'appareil à rayons X).
■ Tenir l'appareil à rayons X à l'abri des personnes non autorisées.

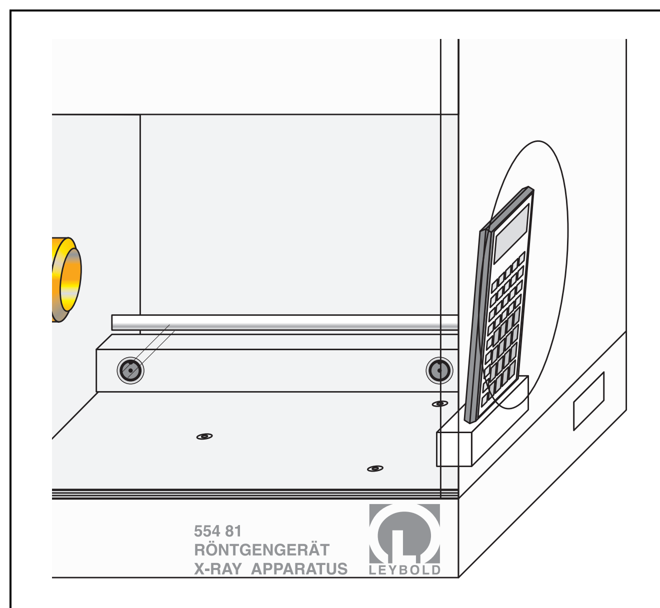
Eviter une surchauffe de l'anode dans le tube à rayonsX Mo.

■ A la mise en marche de l'appareil à rayons X, vérifier si le ventilateur dans la partie tube fonctionne.

Montage

– Enlever le collimateur et éventuellement le goniomètre ou tout autre dispositif expérimental de la partie expérimentation de l'appareil à rayons X.
– Retirer la plaque de protection de l'écran luminescent.

Fig. 1 Montage expérimental pour la démonstration de la fluorescence d'un écran luminescent sous l'effet des rayons X



Réalisation

N.B.:
Réaliser les expériences dans une pièce assombrie.

a) Luminosité de l'écran luminescent:

– Fermer la porte coulissante en verre de plomb, régler une haute tension du tube *U* = 35 kV et mettre l'appareil en marche en actionnant le bouton-poussoir hv on/off.
– Augmenter continuellement le courant d'émission *I* de 0 à 1,00 mA tout en observant la luminosité de l'écran luminescent.

b) Variation du courant d'émission *I*:

– Placer l'objet à radioscopier, par ex. une calculatrice, le plus près possible de l'écran luminescent.
– Régler un courant d'émission *I* = 1,00 mA, une haute tension du tube *U* = 35 kV et mettre l'appareil en route en actionnant le bouton-poussoir hv on/off.
– Réduire le courant d'émission *I* pas à pas tout en observant le changement de l'image qui apparaît sur l'écran luminescent.

c) Variation de la haute tension du tube *U*:

– Régler un courant d'émission *I* = 1,00 mA.
– Réduire la haute tension du tube pas à pas tout en observant le changement de l'image qui apparaît sur l'écran luminescent.

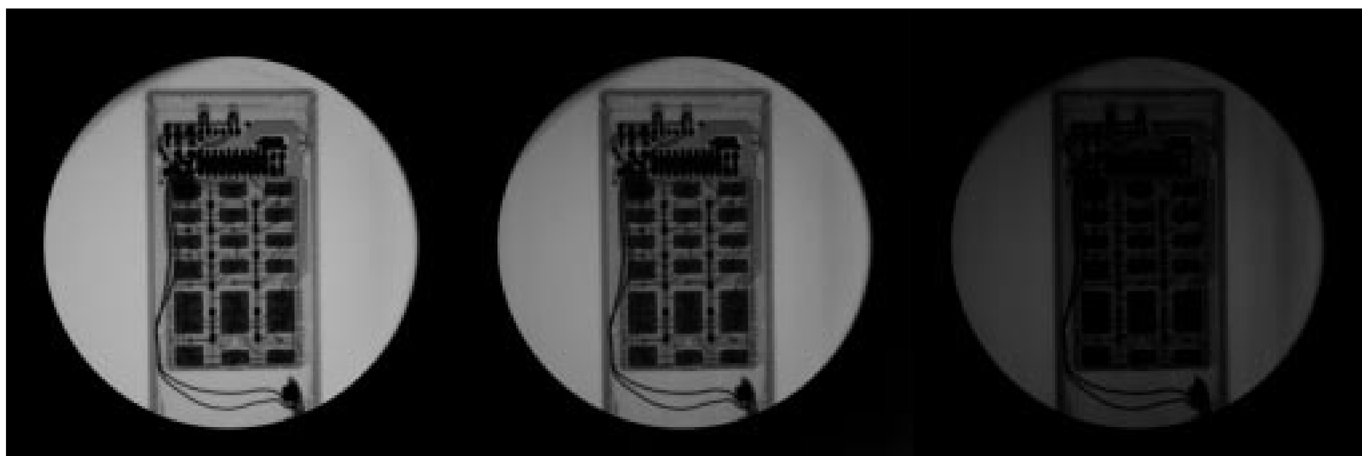


Fig. 2 Image sur l'écran luminescent d'une calculatrice (photographiée avec une caméra numérique) pour une haute tension du tube maximale et différents courants d'émission: I = 1,0 mA, I = 0,7 mA et I = 0,4 mA

Exemple de mesure

a) Luminosité de l'écran luminescent:

L'écran luminescent devient de plus en plus lumineux au fur et à mesure que le courant d'émission augmente.

b) Variation du courant d'émission *I*:

La fig. 2 montre l'influence du courant d'émission I sur l'image qui apparaît sur l'écran luminescent.

c) Variation de la haute tension du tube *U*:

La fig. 3 montre l'influence de la haute tension du tube sur l'image qui apparaît sur l'écran luminescent U.

Fig. 3 Image sur l'écran luminescent d'une calculatrice (photographiée avec une caméra numérique) pour un courant d'émission maximum et différentes hautes tensions du tube U = 35 kV, U = 31 kV et U = 27 kV

Exploitation

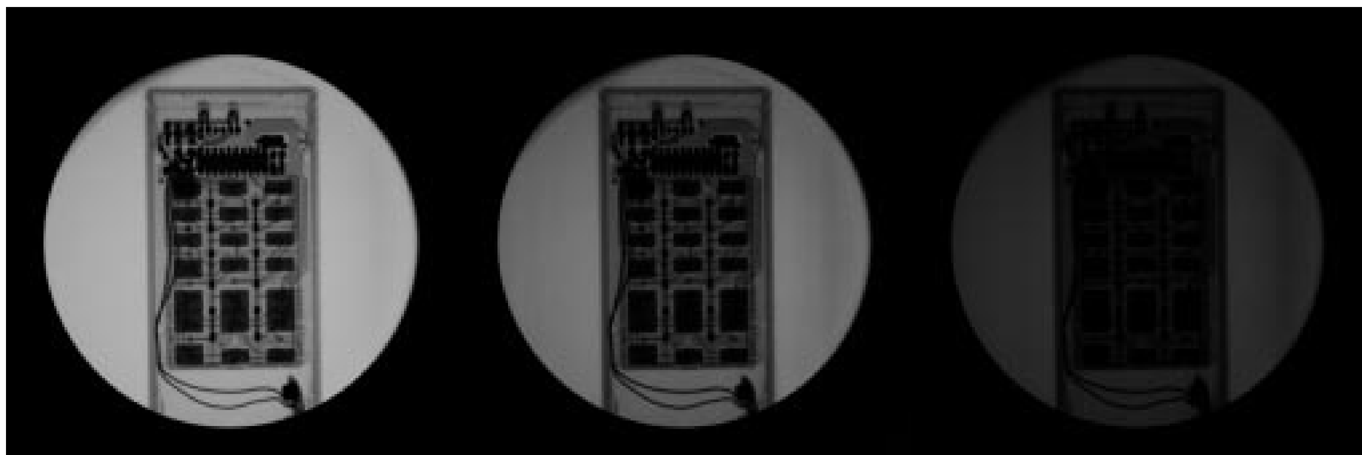
Si aucun objet n'est dans la marche des rayons, l'écran luminescent devient de plus en plus lumineux au fur et à mesure que le courant d'émission augmente étant donné que l'intensité du rayonnement X augmente.

Derrière un objet radioscopié, la luminosité de l'écran lumineux s'affaiblit parce que le rayonnement X est atténué par l'objet. Les éléments avec un pouvoir d'atténuation assez important ou bien d'une assez grande épaisseur sont les zones sombres que l'on voit sur l'écran. Dans l'ensemble, la luminosité de l'image augmente avec le courant d'émission.

Si on augmente la haute tension du tube, on obtient en général un assez bon contraste de l'image vu que le rayonnement X durcit (composants additionnels avec une plus grande énergie). La luminosité augmente simultanément car l'intensité des rayons X augmente elle aussi (voir feuille d'expérience P6.3.3.2).

Résultat

Une image à peu près nette de la structure intérieure de l'objet radioscopié apparaît sur l'écran, d'où le rôle important des rayons X pour les diagnostics médicaux et l'analyse non destructive des matériaux.



LEYBOLD DIDACTIC GMBH · Leyboldstrasse 1 · D-50354 Hürth · Phone (02233) 604-0 · Telefax (02233) 604-222 · Telex 17 223 332 LHPCGN D